

Швырев Б. А., Бердник М. В.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЁМНИКА СИГНАЛА, ПЕРЕИЗЛУЧЕННОГО ПАССИВНОЙ РАДИОЗАКЛАДКОЙ

Используя метод возмущенного поля рассматривается работа пассивной радиозакладки, образующей акустический канал утечки информации. Выполняется синтез приемника переизлученного радиозакладкой сигнала и определения его характеристики. Анализируются рабочие характеристики приёмника.

Ключевые слова: акустический канал утечки, пассивная радиозакладки, синтез приёмника, рабочие характеристики приемника.

Shvyrev B. A., Berdnik M. V.

CHARACTERISTICS OF THE SIGNAL RECEIVER RE-EMITTED BY A PASSIVE RADIO PAD

Using the perturbed field method, the operation of a passive radio pad, which forms an acoustic channel for information leakage, is considered. The receiver is synthesized by a signal re-radiated by the radio-pad signal and its characteristic is determined. The performance characteristics of the receiver are analyzed.

Keywords: acoustic leak channel, passive radio locks, receiver synthesis, receiver performance.

В методе возмущенного поля используются радиомаяки, которые осуществляют модуляцию переотражённого сигнала, падающего на их поверхность[1]. Благодаря наличию параметрической модуляции с помощью управляемого пассивного маяка можно определить характеристики электромагнитного поля в месте его расположения. Управляемый пассивный маяк может быть использован не только для измерения характеристик поля, но и для определения координат объекта носителя пассивного радиомаяка. Управляя маяком низкочастотным информационным сигналом с микрофона позволит организовать акустический канал утечки информации. Управляемый информационным акустическим сигналом пассивный радиомаяк не

имеет самостоятельного излучения, а поэтому не расходует энергии на её формирование. Энергия маяка используется лишь на изменение его электродинамических параметров, что позволяет рассматривать его как экономичное или даже энергонезависимое устройство – пассивную радиозакладку. Отсутствие сосредоточенной энергии делает радиозакладку незаметной при анализе радиоэфира.

Ещё одна важная характеристика радиозакладки это дальность его размещения от приемного устройства или дальность его обнаружения или передачи сообщения. Дальность обнаружения зависит от модуляции передающего устройства, модуляционных свойств управляемой пассивной радиоза-

кладки и от чувствительности приёмного устройства. С увеличением чувствительности приёмного устройства растёт и дальность, на которой он может передавать информацию.

Для оценки этой характеристики управляемой пассивной радиозакладки используем в методе возмущенного поля выберем тип переизлучающей пассивной радиозакладки в виде диода-диполя [2]. Будем считать, что на эту пассивную радиозакладку падает совершенный гармонический сигнал. От управляющего источника информационного сигнала на диод, выводы которого играют роль полуволнового вибратора, подается напряжение, осуществляющее изменение параметров отражающего вибратора. При замыкании диода положительным напряжением получаем отражение от полуволнового вибратора, при размыкании отрицательным напряжением получаем отражение от двух четвертьволновых вибраторов. Различие эффективных поверхностей рассеивания полуволнового и четвертьволновых вибраторов вызывает модуляцию переизлученного управляемым пассивной радиозакладкой сигнала, что и позволяет выделить сигнал именно от него на фоне переотражений от других объектов не обладающих модуляционными возможностями.

Кроме информационного сигнала в приёмном устройстве присутствуют шумы имеющие тепловую и дробовую природу, которые будем считать белым гауссовским шумом $n(t)$ с односторонней спектральной плотностью N_0 .

Для построения оптимального приёмника, обрабатывающего реализацию случайного сигнала $\xi(t)$ сформулируем две гипотезы:

$H_0 - \xi(t) = A_1 \cos(\omega_0 t + \varphi_1) + n(t)$, в принимаемой реализации $\xi(t)$ содержится фоновое излучение отраженное от сторонних предметов и белый шум, где A_1, φ_1 - неизвестные амплитуда и фаза фонового сигнала, а ω_0 - известная центральная частота сигнала;

$H_1 - \xi(t) = A_1 \cos(\omega_0 t + \varphi_1) + A_2 (1 + M \cos \Omega t) \cos(\omega_0 t + \varphi_2) + n(t)$, в принимаемой реализации помимо двух вышеупомянутых сигналов присутствует и сигнал от управляемой пассивной радиозакладки, с неизвестными параметрами A_2, φ_2 , с амплитудной модуляцией, имеющей глубину модуляции M и частоту Ω .

Синтез оптимального приёмного устройства в такой постановке задачи выполнен в работе [3] и алгоритм обработки реализации имеет вид

$$\frac{2N_0}{M^2 T} [(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2] \leq h, \quad (1)$$

где T - время наблюдения сигнала,

$$X_1 = \frac{2}{N_0} \int_0^T \xi(t) \cos \omega_0 t dt;$$

$$X_2 = \frac{2}{N_0} \int_0^T \xi(t) (1 + M \cos \Omega t) \cos \omega_0 t dt;$$

$$Y_1 = \frac{2}{N_0} \int_0^T \xi(t) \sin \omega_0 t dt;$$

$$Y_2 = \frac{2}{N_0} \int_0^T \xi(t) (1 + M \cos \Omega t) \sin \omega_0 t dt;$$

h - порог для сравнения. При превышении порога h выходным сигналом приёмника принимается решение, что в реализации $\xi(t)$ присутствует сигнал управляемой пассивной радиозакладки, при не превышении порога принимается решение, что в реализации $\xi(t)$ сигнал пассивной радиозакладки отсутствует.

Найдем рабочие характеристики приёмника построенного в соответствии с алгоритмом (1). Для удобства вычислений характеристик приведем (1) к виду

$$\eta = \sqrt{(\xi_1^2 + \xi_2^2)} \leq h_0, \quad (2)$$

где

$$\xi_1 = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{N_0 T}} \int_0^T \xi(t) \cos \Omega t \cos \omega_0 t dt;$$

$$\xi_2 = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{N_0 T}} \int_0^T \xi(t) \cos \Omega t \sin \omega_0 t dt.$$

Найдем статистику η если ξ_1 и ξ_2 гауссовские случайные величины. Для этого найдем средние значения и дисперсии ξ_1 и ξ_2 при выполнении гипотезы H_0 .

$$\langle \xi_1 \rangle = \langle \xi_2 \rangle = 0$$

Дисперсии при гипотезе H_0 равны

$$\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \langle \xi_1^2 \rangle = \langle \xi_2^2 \rangle = 1$$

Известно [4], что при таких значениях параметров ξ_1 и ξ_2 величина η описывается релеевским распределением

$$W_0(x) = x \exp(-x^2/2)$$

Вероятность ложной тревоги α , определяющая пороговый уровень h_0 равна

$$\alpha = \int_{h_0}^{\infty} x \exp(-x^2/2) dx = \exp(-h_0^2/2), \quad h_0 = \sqrt{-2 \ln \alpha}$$

При гипотезе H_1 среднее значение ξ_1 и ξ_2 равны

$$\langle \xi_1 \rangle = M A_{02} \cos \varphi_{02} \sqrt{T/2N_0};$$

$$\langle \xi_2 \rangle = MA_{02} \sin \varphi_{02} \sqrt{T/2N_0},$$

где A_{02} , φ_{02} – истинные значения фазы и амплитуды информационного сигнала управляемой пассивной радиозакладки.

Дисперсии при гипотезе H_1 имеют значения

$$\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = 1$$

Известно [4], что в этом случае величина η имеет обобщенное релеевское распределение

$$W_1(x) = x \exp(-(x^2 + z^2)/2) I_0(zx),$$

где $z^2 = M^2 A_{02}^2 T/2N_0$ – отношение сигнал-шум для сигнала управляемой пассив-

ной радиозакладки, $I_0(zx)$ – модифицированная функция Бесселя нулевого порядка. Тогда рабочая характеристика приёмника – вероятность правильного обнаружения равна

$$P_D = \int_{h_0}^{\infty} x \exp(-(x^2 + z^2)/2) I_0(zx) - x$$

Значения функции P_D рассчитаны в [5]. Выражение для P_D показывает, что рабочие характеристики приёмника зависят только от отношения сигнал-шум сигнала управляемой пассивной радиозакладки. Для обеспечения роста отношения сигнал сигнал-шум необходимо увеличивать глубину модуляции сигнала M осуществляемую диодом радиозакладки и амплитуду облучающего высокочастотного радиосигнала.

Литература

1. Голография. Методы и аппаратура./ Под ред. Гинзбург В.М., Степанова Б.М. - М.: Сов. радио, 1974.
2. Лукин А. Н., Гридин Ю. И., Струков И. Ф. Устройство регистрации радиоголограмм и радиоизображений в реальном масштабе времени. Приборы и техника эксперимента, 1986. №4.
3. Мальцев А.В., Степанов Г. В. Синтез приёмника для обнаружения сигнала управляемого диода-диполя. Материалы открытой конференции "Актуальные проблемы деятельности подразделений УИС"- Воронеж, 2008.
4. Тихонов В.И. Оптимальный приём сигналов.- М.: Радио и связь,1983.
5. Таблицы распределения Релея –Райса / Барк Л.С., Большев Л.Н., Кузнецов П.И., Черенков А.П.- М.: ВЦ АН СССР,1964.

References

1. Golography. Methods and equipment. Ed. V.M. Ginzburg, B.M. Stepanova. - Moscow: Sov. radio, 1974.
2. Lukin A.N., Gridin Yu.I., Strukov I.F. A device for recording radio holograms and radio images in real time. Devices and experimental technique, 1986. №4.
3. Maltsev A.V., Stepanov G.V. Synthesis of a receiver for detecting a signal of a controlled diode-dipole. Materials of the open conference "Actual problems of the activities of the MIS units." - Voronezh, 2008.
4. Tikhonov V.I. Optimal signaling of signals. - Moscow: Radio and Communication, 1983.
5. Tables of the Rayleigh-Rice distribution / Bark L.S., Bolshev L.N., Kuznetsov P.I., Chechenkov A.P.- Moscow: VTS AN SSSR, 1964.

ШВЫРЕВ Борис Анатольевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры компьютерных технологий и информационной безопасности. Кубанский государственный технологический университет. 350000 г. Краснодар, ул. Московская,2. E-mail: bor2275@yandex.ru

БЕРДНИК Мария Викторовна, доцент кафедры компьютерных технологий и информационной безопасности. Кубанский государственный технологический университет. 350000 г. Краснодар, ул. Московская,2. E-mail: marviktr@mail.ru

SHVYREV Boris, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer Technologies and Information Security. Kuban State Technological University. 350000 Krasnodar, Bld. 2 Moskovskaya street. E-mail: bor2275@yandex.ru

BERDNIK Maria, Associate Professor of the Department of Computer Technologies and Information Security. Kuban State Technological University. 350000 Krasnodar, Bld. 2 Moskovskaya street. E-mail: marviktr@mail.ru